

電子ビーム露光装置、及び電子ビーム計測モジュール

本願は、２００２年７月２２日に提出された日本特許出願第２００２－２１３１
９８号の優先権を主張するものであり、その開示内容を本願に援用する。

本発明の背景

本発明の属する技術分野

本発明は、電子ビーム露光装置、及び電子ビーム計測モジュールに関する。特に本発明は、電子ビームの電流を高精度に制御することにより、高い描画精度でウェハを露光する電子ビーム露光装置に関する。

関連技術

近年、半導体デバイスの微細化に伴い、高スループット化及び高解像度化を実現するために様々な電子ビーム露光装置が開発されている。電子ビーム露光装置の高スループット化を実現するためには、電子ビームのショット面積を拡大させること、あるいは、複数の電子ビームでウェハを露光すること等が有効である。また、高解像度化を実現するためには、電子レンズの収差を低減すること、及び電子ビームのクーロン効果を抑制すること等が求められる。また、ビーム電流を高精度に計測して描画寸法を精密に制御することも重要である。特開平１１－２１４４８２号公報には、ステージの配線負荷を低減することにより、ステージの動特性を向上するステージ装置が開示されている。また、特開平１０－２７０５３５号公報には、ステージにおけるウェハの吸着を無線で制御することにより、ステージ制御の精度を改善するステージ装置が開示されている。

しかしながら、上記従来の技術では、マルチ電子ビーム露光装置において、ウェハを露光する電子ビームの電流を精度よく計測することはできなかった。

本発明の概要

そこで本発明は、上記の課題を解決することのできる電子ビーム露光装置、及び電子ビーム計測モジュールを提供することを目的とする。この目的は特許請求の範囲における独立項に記載の特徴の組み合わせにより達成される。また従属項は本発明の更なる有利な具体例を規定する。

即ち、本発明の第1の形態によると、電子ビームによりウェハを露光する電子ビーム露光装置は、電子ビームを発生する電子ビーム発生部と、電子ビームによって露光されるウェハを保持するウェハステージと、ウェハステージに設けられ、電子ビームの電流を検出する電流検出部と、ウェハステージに設けられ、電流検出部が検出した電流を示す情報を格納する格納部とを備える。

電流検出部は、ファラデーカップを有してもよい。また、電子ビーム露光装置は、ウェハステージに設けられ、電流検出部が検出した電流を、デジタル信号に変換して格納部に出力する信号処理部を更に備えてもよい。

信号処理部は、電流検出部が検出した電流を電圧に変換するI/V変換部と、I/V変換部が変換した電圧をデジタル信号に変換して、格納部に出力するA/D変換部とを有してもよい。

ウェハステージに対して着脱可能に設けられ、電流検出部、信号処理部、及び格納部が設けられた基板を更に備えてもよい。また、電流検出部及び格納部を動作させる電力を蓄積する第1の蓄電部を、ウェハステージ上に更に備えてもよい。また、第1の蓄電部を充電する充電部を更に備えてもよい。

ウェハステージ及び充電部を収容するチャンバと、チャンバの内部の空間を、ウェハステージを収容する第1の空間と充電部を収容する第2の空間とに仕切るシャッタと、第1の空間を減圧する第1のポンプと、第2の空間を減圧する第2のポンプと、第1の蓄電部を、ウェハステージから取り外して充電部に取り付ける着脱部とを更に備えてもよい。

電流検出部及び格納部を動作させる電力を蓄積する第2の蓄電部を更に備え、着脱部は、第1の蓄電部をウェハステージから取り外して充電部に取り付け、第2の蓄電部を充電部から取り外してウェハステージに取り付けてもよい。

格納部が格納した情報を通信する通信部と、通信部を介して取得した情報に基づいて、電子ビーム発生部の出力を制御する電子ビーム制御部とを更に備えてもよい。

。本発明の第２の形態によれば、電子ビームの電流を計測する電子ビーム計測モジュールは、電子ビームの電流を検出する電流検出部と、電流検出部が検出した電流を示す情報を格納する格納部と、電流検出部及び格納部を実装する基板とを備える。

基板に実装され、電流検出部が検出した電流を電圧に変換するＩＶ変換部と、基板に実装され、ＩＶ変換部が変換した電圧をデジタル信号に変換して格納部に出力するＡＤ変換部とを更に備えてもよい。

基板に実装され、電流検出部、ＩＶ変換部、ＡＤ変換部、及び格納部を動作させる電力を蓄電する蓄電部を更に備えてもよい。

なお上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものではなく、これらの特徴群のサブコンビネーションも又発明となりうる。

図面の簡単な説明

図１は本発明の一実施形態に係る電子ビーム露光装置１０の構成の一例を示す図である。

図２は本実施形態に係るビーム計測モジュール２０の詳細な構成の一例を示す図である。

図３はビーム計測モジュール２０の機能ブロックの一例を示す図である。

図４は光学系１００の構成を補足する図である。

本発明の詳細な説明

以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態はクレームにかかる発明を限定するものではなく、又実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

図１は、本発明の一実施形態に係る電子ビーム露光装置１０の構成の一例を示す。電子ビーム露光装置１０は、電子ビームにより、ウェハ１４６に所定の露光処理

を施すための光学系100と、光学系100の各構成の動作を制御する制御系200とを備える。なお、光学系100において、図中の一点鎖線は、電子レンズのレンズ軸Aを示し、点線は、電子線101を示す。

光学系100は、筐体102内部に、電子ビームを発生する電子ビーム発生部の一例である電子銃110と、電子銃110が発生した電子ビームを略平行に照射するコリメータレンズ116と、コリメータレンズ116が平行な向きにした電子ビームを複数の電子ビームに分割するアパーチャレイ300を有する補正電子光学系118と、分割された複数の電子ビームを縮小投影する電子レンズ系124と、電子ビームの偏向収差を補正する非点／焦点補正系136と、電子ビームをウェハ146における電子ビームを照射すべき位置に偏向する偏向系142と、ウェハ146を保持するウェハステージ148と、ウェハステージ148に設けられ、電子ビームの電流を計測するビーム計測モジュール20と、ウェハステージ148に設けられ、ビーム計測モジュール20を動作させる電力を蓄積する蓄電部40とを備える。

コリメータレンズ116は、電子銃110が発生した電子ビームを補正電子光学系118の所望の領域に略垂直に入射する。

補正電子光学系118は、アパーチャレイ300、静電レンズアレイ306、マルチ偏向器302、ブランキングアパーチャレイ307、及びストップアレイ308を有し、コリメータレンズ116から略垂直に入射された電子ビームを複数の電子ビームに分割し、複数の電子ビームのそれぞれの焦点位置を調整する。

アパーチャレイ300は、複数の開口部が形成されており、コリメータレンズ116から略垂直に入射される平行光を複数軌道の電子ビーム400a、400b、400c・・・に分割する。

静電レンズアレイ306は、複数の静電レンズを有し、アパーチャレイ300で分割された複数の電子ビームのそれぞれを集束する。静電レンズアレイ306は、複数の電子ビームのそれぞれを独立に集束し、複数の電子ビームのそれぞれの焦点位置を調整することにより、電子レンズ系124による歪曲収差を補正する。

マルチ偏向器302は、複数の偏向電極を有し、アパーチャレイ300で分割された複数の電子ビーム400a、400b、400c・・・をそれぞれ個別に偏

向して、電子ビームの２次元配列のピッチ等を補正する。

ブランキングアパーチャレイ３０７は、複数のブランキング電極を有し、マルチ偏向器３０２によってピッチが補正された複数の電子ビーム４００ a、４００ b、４００ c・・・のそれぞれを独立にブランキングする。

ストッパレイ３０８は、基板に複数の開口部が形成されており、ブランキングアパーチャレイ３０７によって偏向された電子ビームを遮断する。ブランキングアパーチャレイ３０７によって偏向されなかった電子ビームは、ストッパレイ３０８の開口部を通過し、ウェハ１４６へ入射される。

電子レンズ系１２４は、第１投影レンズ１２０及び第２投影レンズ１２２をレンズ軸Ａの方向に並べて有するダブレットである。第１投影レンズ１２０の焦点距離が f_1 であり、第２投影レンズ１２２の焦点距離が f_2 である場合、第１投影レンズ１２０と第２投影レンズ１２２とは、 f_1 と f_2 とを加算した距離隔てて設けられる。電子レンズ系１２４の物点は、第１投影レンズ１２０の焦点位置にあり、電子レンズ系１２４の像点は、第２投影レンズ１２２の焦点位置である。そして、電子レンズ系１２４は、電子ビームの断面を f_2/f_1 に縮小する。対物絞り１０９は、第１投影レンズ１２０を通過した電子ビームの光量を決定し、電子レンズ系１２４のレンズ開口数（NA）を規定する。

偏向系１４２は、主偏向器１３８及び副偏向器１４０を有する。主偏向器１３８は、１ショットの電子ビームで照射可能な領域（ショット領域）を複数含むサブフィールド間で電子ビームを偏向するために用いられる。また、副偏向器１４０は、主偏向器１３８よりも偏向量が小さく、サブフィールドにおけるショット領域間の偏向のために用いられる。主偏向器１３８は、電磁偏向器であることが好ましく、副偏向器１４０は、静電偏向器であることが好ましい。

非点／焦点補正系１３６は、非点補正レンズ１３２及び焦点補正レンズ１３４とを有する。非点／焦点補正系１３６は、偏向系１４２を作動させた際に発生する偏向収差、即ちウェハ１４６において結像される電子ビームの偏向量及び偏向方向に基づく偏向収差を補正する。非点補正レンズ１３２は、主偏向器１３８及び／又は副偏向器１４０を作動させた際に発生する非点収差を補正する。焦点補正レンズ１３４は、主偏向器１３８及び／又は副偏向器１４０を作動させた際に発生する焦点

位置のずれを補正する。

ビーム計測モジュール20は、ウェハステージ148に対して着脱可能に設けられており、複数の電子ビームの電流をそれぞれ検出する複数のファラデーカップと、ファラデーカップが検出した電流を示すデジタルデータを格納する格納部とを備える。一つの電子銃110によって生成され、補正電子光学系118によって複数に分割された電子ビーム400a、400b、400c・・・は、ビーム計測モジュール20が備える複数のファラデーカップのそれぞれによってそれぞれ検出される。また、一つのファラデーカップは、分割された電子ビーム400a、400b、400c・・・のうちの複数の電子ビームを同時に検出してもよい。電子銃110からウェハ146に照射される電子ビームの電流は、検出された電子ビーム400a、400b、400c・・・のそれぞれの電流値の和として求められる。

蓄電部40は、ウェハステージ148に対して着脱可能に設けられており、ビーム計測モジュール20を動作させる電力を蓄積する。ビーム計測モジュール20と蓄電部40とは接点を介して電氣的に接続され、ビーム計測モジュール20を動作させる電力が蓄電部40から供給される。

制御系200は、統括制御部202及び個別制御部204を備える。統括制御部202は、例えばワークステーションであって、個別制御部204が有する各制御部を統括的に管理する。個別制御部204は、ビーム制御部205と、コリメータレンズ制御部206と、補正電子光学系制御部208と、電子レンズ系制御部212、非点／焦点補正系制御部214と、偏向系制御部216と、通信部218と、ウェハステージ制御部220とを有する。

ビーム制御部205は、電子銃110に印加する電圧及び／又は電流を制御することにより、電子銃110が発生する電子ビームの電流を調節する。

コリメータレンズ制御部206は、コリメータレンズ116に印加する電流を制御する。コリメータレンズ制御部206は、コリメータレンズ116に印加する電流を調整することにより、電子ビームを補正電子光学系118の所望の領域に略垂直に入射させる。

補正電子光学系制御部208は、補正電子光学系118の各部を制御する。具体

的には、補正電子光学系制御部 208 は、静電レンズアレイ 306 が有する複数の静電レンズのそれぞれに供給する電圧を制御する。また、補正電子光学系制御部 208 は、マルチ偏向器 302 が有する複数のブランキング電極のそれぞれに印加する電圧を制御する。

電子レンズ系制御部 212 は、第 1 投影レンズ 120 及び第 2 投影レンズ 122 に供給する電力を制御する。具体的には、電子レンズ系制御部 212 は、第 1 投影レンズ 120 と第 2 投影レンズ 122 とがダブレットを構成するように、第 1 投影レンズ 120 のコイル及び第 2 投影レンズ 122 のコイルの励磁を調整する。

偏向系制御部 216 は、主偏向器 138 及び副偏向器 140 による電子ビームの偏向量を制御する。非点／焦点補正系制御部 214 は、主偏向器 138 及び／又は副偏向器 140 による電子ビームの偏向量及び偏向方向に基づいて、非点収差補正レンズ 132 及び焦点補正レンズ 134 に供給する電力を調整する。非点／焦点補正系制御部 214 は、偏向制御部 216 が主偏向器 138 及び／又は副偏向器 140 を制御する信号に同期して、非点収差補正レンズ 132 及び焦点補正レンズ 134 に供給する電力を調整する。

通信部 218 は、ビーム計測モジュール 20 が検出して格納した、電子ビームの電流を示す情報を、ビーム計測モジュール 20 から取得して統括制御部 202 に出力する。また、通信部 218 は、統括制御部 202 がビーム計測モジュール 20 を制御する制御信号を、統括制御部 202 から取得してビーム計測モジュール 20 に出力する。通信部 218 は、通信すべき情報を光、RF などのワイヤレスキャリアに変調し、所定のタイミングでビーム計測モジュール 20 と統括制御部 202 との間で通信する。また、通信部 218 は、ウェハステージ 148 が筐体 102 に対して予め定められた位置にある場合において、ウェハステージ 148 側に設けられた端子と筐体 102 側に設けられた端子とを接触させて情報を伝送してもよい。なお、通信部 218 による情報の通信は、電子ビームの軌道に影響を与える可能性がある。そのため、通信部 218 は、ウェハ 146 の露光またはビーム計測モジュール 20 によるビーム電流の計測が行われている場合には、通信を行わないことが望ましい。

ウェハステージ制御部 220 は、ウェハステージ 148 を所望の位置に移動させ

る。ウェハステージ制御部 220 は、ウェハステージ 148 の位置座標を計測するレーザ干渉系からの計測値が、指令された目標位置に対して所定の誤差範囲内に収まるように、駆動モータをサーボ制御する。

電子ビーム露光装置 10 がウェハ 146 を露光する場合、先ず各種調整工程が行われる。調整工程は、予め定められた頻度で定期的に行われるのが一般的である。調整工程は、コリメータレンズ 116 の調整、補正電子光学系 118 の調整、電子レンズ系 124 の調整、非点／焦点補正系 136 の調整、偏向系 142 の調整、電子銃 110 の調整、及びウェハステージ 148 の調整を含む。ここで、電子銃 110 は、一旦フィラメントの温度を設定し、電子ビームを放出し続ける状態で使う。そこで、ウェハステージ 148 への電子ビームの照射が必要でない場合、統括制御部 202 は、ブランキングアパーチャアレイ 307 を通して電子ビームを偏向させる。

コリメータレンズ 116 の調整では、コリメータレンズ制御部 206 は、電子ビームが補正電子光学系 118 の所望の領域に略垂直に入射されるように、コリメータレンズ 116 を調整する。補正電子光学系 118 の調整では、補正電子光学系制御部 208 は、分割された複数の電子ビームのそれぞれが所望の結像条件になるように、静電レンズアレイ 306 の複数の静電レンズを調整する。電子レンズ系 124 の調整では、電子レンズ系制御部 212 は、複数の電子ビームのそれぞれがウェハ 146 上において所望の向きかつ所望のショットサイズを持つように、第 1 投影レンズ 120 及び第 2 投影レンズ 122 を調整する。

偏向系 142 の調整では、偏向系制御部 216 は、ウェハ 146 の所望の領域に複数の電子ビームが照射されるように、主偏向器 138 及び副偏向器 140 を調整する。非点／焦点補正系 136 の調整では、非点／焦点補正系制御部 214 が、主偏向器 138 及び／又は副偏向器 140 による電子ビームの偏向収差に起因する非点／焦点ずれを補正するように、非点収差補正レンズ 132 及び焦点補正レンズ 134 を調整する。

電子銃 110 の調整では、電子銃 110 から照射され、計測モジュール 20 が検出した電子ビームの電流に基づいて、統括制御部 202 が、ビーム制御部 205 を制御する。具体的には、先ず、ウェハステージ制御部 220 は、ビーム計測モジュ

ール20が有するファラデーカップに電子ビームが照射されるように、ウェハステージ148の位置を制御する。統括制御部202は、ビーム計測モジュール20が電子ビームの電流を計測できる位置にあると判断すると、マルチ偏向器302による電子ビームの偏向を停止する。マルチ偏向器302による電子ビームの偏向が停止されると、電子ビームは、ビーム計測モジュール20が有するファラデーカップに入射する。そして、ビーム計測モジュール20は、入射する電子ビームの電流を予め定められた手順で測定し、測定した電流を示す情報をデジタルデータとして格納部に格納する。

統括制御部202は、ビーム計測モジュール20が格納した情報を通信部218を介して取得する。そして、統括制御部202は、取得した情報に基づいて、電子銃110の出力の補正値を決定する。ビーム制御部205は、統括制御部202が決定した電子銃110の出力の補正値を取得し、取得した補正値に基づいて、電子銃110に印加する電圧を決定する。電子銃110に印加する電圧が決定されると、統括制御部202は、マルチ偏向器302によって電子ビームを偏向する。以上で、一連の調整工程が完了する。

一連の調整工程が完了すると、ウェハステージ148には、露光処理が施されるウェハ146が載置される。ウェハステージ制御部220は、ウェハステージ148を移動させて、ウェハ146の露光されるべき領域がレンズ軸A近傍に位置するようにする。

ウェハステージ148がウェハ146を所定の位置に定置すると、統括制御部202は、ブランキングアパーチャアレイ307による電子ビームの偏向を停止する。これにより、以下に示すように、電子ビームはウェハ146に照射される。

まず、電子銃110は、前述の調整工程で調整された出力により、電子ビームを発生する。コリメータレンズ116は、電子銃110が発生した電子ビームを、補正電子光学系118の所定の領域に略垂直に照射させる。補正電子光学系118において、アパーチャアレイ300は、コリメータレンズから照射される電子ビームを複数の電子ビームに分割する。そして、静電レンズアレイ306は、複数の電子ビームのそれぞれの焦点を調節する。マルチ偏向器302は、複数の電子ビームの2次元配列ピッチを調節する。ブランキングアパーチャアレイ307は

、複数のブランキング電極のそれぞれに電圧を印加することにより、ピッチが調節された複数の電子ビームのそれぞれをウェハ146に照射させるか否かを切り替える。ブランキングアパーチャレイ307によって偏向されない電子ビームは、ストップアレイ308の開口部を通過する。ブランキングアパーチャレイ307によって偏向された電子ビームは、ストップアレイ308の開口部を通過できず、ストップアレイ308に遮断される。

次に、電子レンズ系124は、補正電子光学系118が分割した電子ビームを縮小し、ウェハ146に焦点を合わせて投影する。また、偏向系142は、主偏向器138及び副偏向器140により電子ビームを偏向して、ウェハ146上の所定のショット領域に電子ビームを照射する。また、非点／焦点補正系136は、非点補正レンズ132により主偏向器138及び／又は副偏向器140を作動させた際に発生する非点収差を補正し、焦点補正レンズ134により主偏向器138及び／又は副偏向器140を作動させた際に発生する焦点位置のずれを補正する。そして、電子ビームは、ウェハ146に照射され、ウェハ146上の所定のショット領域に電子銃110のクロスオーバーの縮小像が転写される。以上のプロセスにより、電子ビーム露光装置10は、アパーチャレイ300によって分割したマルチビームによって、ウェハ146上の所定のショット領域に所望のパターンを描画する。

以上のような、電子ビーム露光装置10は、ビーム計測モジュール20が、測定した電子ビームの電流をモジュール内でデジタルデータに変換して格納するので、配線が短くて済む。従って、電子ビームの電流が微弱な場合であっても、アナログデータの伝送損失とそれに伴うSN比劣化とを低減することができる。この結果、統括制御部202及びビーム制御部205は、高精度に計測及び伝送された電子ビームの電流の情報に基づいて、電子銃110の出力を高精度に制御することができる。

図2は、本実施形態に係るビーム計測モジュール20の詳細な構成の一例を示す。ビーム計測モジュール20は、ウェハステージ148に対して着脱可能なモジュール基板30、電子ビームの電流を検出するファラデーカップを複数配列して有するファラデーカップアレイ22、モジュール基板30に実装され、ファラデーカップアレイ22とモジュール基板30とを電氣的に接続するソケット28、モジュール

ル基板 30 に実装され、ファラデーカップアレイ 22 が検出した電子ビームの電流を電圧に変換する I V アンプ 32、I V アンプ 32 が変換した電圧をデジタル信号に変換する A D 変換器 34、A D 変換器 34 が変換したデジタル信号を格納するメモリ 36、導電部材から成り、ビーム計測モジュール 20 を電子ビームからシールドするシールド板 26、及びビーム計測モジュール 20 を動作させる電力を蓄電する蓄電部 38 を備える。なお、ビーム計測モジュール 20 は、上記それぞれの機能要素を一体に備えてもよい。

ここで、ビーム計測モジュール 20 は、本発明の電子ビーム計測モジュールの一例である。ファラデーカップアレイ 22 は本発明の電流検出部の一例である。I V アンプ 32 は、本発明の I V 変換部の一例である。A D 変換器 34 は、本発明の A D 変換部の一例である。メモリ 36 は、本発明の格納部の一例である。モジュール基板 30 は、本発明の基板の一例である。また、ウェハステージ 148 に図 1 で説明した蓄電部 40 が設けられている場合は、蓄電部 38 は不要となる。

ファラデーカップアレイ 22 は、ファラデーカップを複数配列して P G A（ピングリッドアレイ）等の形態にパッケージ化したものであり、個々のファラデーカップに対応した複数の端子が裏面に露出している。ファラデーカップアレイ 22 は、パッケージの上面に、ファラデーカップアレイ 22 の位置を検出するための基準マーク 24 を含む。基準マーク 24 はアライメントスコープで検出できる大きさのものである。ソケット 28 は、ファラデーカップアレイ 22 の裏面に露出した複数の端子をモジュール基板 30 に接続する。ソケット 28 は、ファラデーカップアレイ 22 を着脱可能に保持する。シールド板 26 は、周辺部がアースされており、全体が略等電位を保つ。なお、ファラデーカップアレイ 22 は、B G A（ボールグリッドアレイ）等、モジュール基板 30 に直接実装できる形状にパッケージ化してもよい。この場合、ソケット 28 は不要となる。

このようなビーム計測モジュール 20 によれば、ファラデーカップアレイ 22 で検出された電子ビームの電流を、ビーム計測モジュール 20 の内部でデジタルデータとして格納することができるので、計測した電流をケーブル配線を経てステージ外の回路に送信する場合よりも、データの伝送損失を低く抑えることが出来る。更に、ケーブルによる配線を削減したので、回路の浮遊容量や外乱ノイズなどを低減

することができる。また、ファラデーカップアレイ 22 が劣化した場合、ビーム計測モジュール 20 は、ウェハステージ 148 に対して着脱可能に設けられているので交換が容易である。また、蓄電部 38 をモジュール基板 30 に実装することによって、モジュール基板 30 の外部に蓄電部を有する場合よりも、電力の伝送効率を向上し、電力伝送に伴うノイズの発生を低減することができる。

図 3 は、本実施形態に係るビーム計測モジュール 20 の機能ブロックの一例を示す。ビーム計測モジュール 20 は、電子ビームの電流を検出する電流検出部 21 と、電流検出部 21 が検出した電流をデジタル信号に変換する信号処理部 98 と、信号処理部 98 が変換したデジタル信号を格納するメモリ 36 と、メモリ 36 が格納した情報を出力する出力部 96 とを備える。信号処理部 98 は、I/V アンプ 32、AD 変換器 34、レジスタ 92、サンプリングクロック発生部 90、演算部 94 を有する。なお、ビーム計測モジュール 20 は、電流検出部がファラデーカップアレイとして複数のファラデーカップを有する場合には、ファラデーカップの数量と同じ数量の本機能ブロックを備えることが好ましい。

電流検出部 21 は、照射される電子ビームの電流を検出する。I/V アンプ 32 は、電流検出部 21 が検出した電流を電圧に変換する。AD 変換器 34 は、サンプリングクロック発生部 90 が発生する第 1 のサンプリングクロックに同期して、I/V アンプ 32 が出力する電圧の値をデジタル値に変換する。レジスタ 92 は、サンプリングクロック発生部 90 が発生する第 2 のサンプリングクロックに同期して、AD 変換器 34 が発生するデジタル値を取り込む。演算部 94 は、レジスタ 92 に取り込まれた複数のデジタル値の平均値を算出する。メモリ 36 は、演算部 94 が算出した平均値を、測定した電子ビームの電流を示すデジタルデータとして格納する。そして、出力部 96 は、メモリ 36 が格納したデジタルデータを所定のタイミングで出力する。

図 4 は、図 1 で説明した光学系 100 の構成を補足する。光学系 100 は、図 1 において説明した電子銃 110、コリメータレンズ 116、及び補正電子光学系 118 等を収容する鏡筒 62 と、ウェハステージ 148 を収容するチャンバ 60 と、蓄電部 40 を充電する充電部 50 と、チャンバ 60 の内部の空間を、ウェハステージ 148 を収容する空間 64 と充電部 50 を収容する空間 66 とに仕切るシャッタ

68と、空間64を減圧するポンプ70と、空間66を減圧するポンプ72と、蓄電部40をウェハステージ148から取り外して充電部50に取り付けるアーム80と、ビーム計測モジュール20を動作させる電力を蓄積する蓄電部42とを更に備える。充電部50は、蓄電部42を保持し、充電する。なお、鏡筒62は、本発明に係るチャンバの一例である。アーム80は、本発明に係る着脱部の一例である。また、蓄電部42は、本発明の第2の蓄電部の一例である。

蓄電部40の蓄電量が不足してきた場合、以下の手順で蓄電部40と蓄電部42とを交換する。まず、ポンプ72は、空間66を空間64とほぼ等しい圧力に減圧する。空間66の減圧が完了すると、シャッタ68は開く。そして、シャッタ68が開くと、アーム80は、ウェハステージ148に保持された蓄電部40をウェハステージ148から取り外して充電部50に取り付け、充電部50で充電された蓄電部42を充電部50から取り外してウェハステージ148に取り付ける。そして、蓄電部40と蓄電部42との交換が完了すると、シャッタ68は閉じる。こうして、ビーム計測モジュール20を動作させる電力を供給して放電した蓄電部40は充電部50で再度充電され、充電が完了した蓄電部42はビーム計測モジュール20を動作させる電力を供給する。

アーム80は、ビーム計測モジュール20を交換してもよい。この場合、光学系100は、予備のビーム計測モジュールを収容するストッカを空間66に更に備えてもよい。また、蓄電部40の交換、及びビーム計測モジュール20の交換は、ウェハ146の交換作業又は各種調整作業と並行して行われることが好ましい。

以上のような、光学系100によれば、ウェハステージ148を収容するチャンバ60の気圧を変化させることなく、蓄電部40またはビーム計測モジュール20を交換することが出来る。従って、光学系100は、蓄電部40またはビーム計測モジュール20を交換する場合でも、チャンバ60の真空度を保つことができるので、電子ビーム露光装置10の稼働率を高く維持できる。

以上のような電子ビーム露光装置10によれば、電子ビームの電流を高精度に制御するので、高い精度の露光量によってウェハを露光することができる。また、電子ビームがマルチ化された場合でも、ウェハステージ148からの配線が増えることがないので、ウェハステージ148への物理的な負荷が低減され、ウェハステー

ジ１４８の動的特性、及びウェハステージ１４８の位置制御の精度が改善する。

なお、本実施例において、電子ビーム露光装置１０は、一本の電子銃１１０を備えた場合の形態について説明したが、電子ビーム露光装置１０は、複数の電子銃１１０を備えてもよい。また、電子ビーム露光装置１０は、可変矩形を用いた電子ビーム露光装置であつてもよい。

以上、本発明を実施形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施形態に記載の範囲には限定されない。上記実施形態に、多様な変更または改良を加えることができる。そのような変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

上記説明から明らかなように、本発明によれば、電子ビームの電流を高精度に制御することにより、高い描画精度でウェハを露光する電子ビーム露光装置を提供することができる。

特許請求の範囲

1. 電子ビームによりウェハを露光する電子ビーム露光装置であって、
前記電子ビームを発生する電子ビーム発生部と、
前記電子ビームによって露光される前記ウェハを保持するウェハステージと、
前記ウェハステージに設けられ、前記電子ビームの電流を検出する電流検出部と、

前記ウェハステージに設けられ、前記電流検出部が検出した前記電流を示す情報を格納する格納部と
を備えることを特徴とする電子ビーム露光装置。
2. 前記電流検出部は、ファラデーカップを有することを特徴とする請求項1に記載の電子ビーム露光装置。
3. 前記ウェハステージに設けられ、前記電流検出部が検出した前記電流を、デジタル信号に変換して前記格納部に出力する信号処理部を更に備えることを特徴とする請求項1に記載の電子ビーム露光装置。
4. 前記信号処理部は、
前記電流検出部が検出した前記電流を電圧に変換するI/V変換部と、
前記I/V変換部が変換した前記電圧をデジタル信号に変換して、前記格納部に出力するAD変換部と
を有することを特徴とする請求項3に記載の電子ビーム露光装置。
5. 前記ウェハステージに対して着脱可能に設けられ、前記電流検出部、前記信号処理部、及び前記格納部が設けられた基板を更に備えることを特徴とする請求項3に記載の電子ビーム露光装置。
6. 前記電流検出部及び前記格納部を動作させる電力を蓄積する第1の蓄電部を

、前記ウェハステージ上に更に備えることを特徴とする請求項１に記載の電子ビーム露光装置。

７． 前記第１の蓄電部を充電する充電部を更に備えることを特徴とする請求項６に記載の電子ビーム露光装置。

８． 前記ウェハステージ及び前記充電部を収容するチャンバと、
前記チャンバの内部の空間を、前記ウェハステージを収容する第１の空間と前記充電部を収容する第２の空間とに仕切るシャッタと、
前記第１の空間を減圧する第１のポンプと、
前記第２の空間を減圧する第２のポンプと、
前記第１の蓄電部を、前記ウェハステージから取り外して前記充電部に取り付ける着脱部と
を更に備えることを特徴とする請求項７に記載の電子ビーム露光装置。

９． 前記電流検出部及び前記格納部を動作させる電力を蓄積する第２の蓄電部を更に備え、
前記着脱部は、前記第１の蓄電部を前記ウェハステージから取り外して前記充電部に取り付け、前記第２の蓄電部を前記充電部から取り外して前記ウェハステージに取り付けることを特徴とする請求項８に記載の電子ビーム露光装置。

１０． 前記格納部が格納した前記情報を通信する通信部と、
前記通信部を介して取得した前記情報に基づいて、前記電子ビーム発生部の出力を制御する電子ビーム制御部と
を更に備えることを特徴とする請求項１に記載の電子ビーム露光装置。

１１． 電子ビームの電流を計測する電子ビーム計測モジュールであって、
電子ビームの電流を検出する電流検出部と、
前記電流検出部が検出した前記電流を示す情報を格納する格納部と、

前記電流検出部及び前記格納部を実装する基板と
を備えることを特徴とする電子ビーム計測モジュール。

12. 前記基板に実装され、前記電流検出部が検出した前記電流を電圧に変換するI/V変換部と、

前記基板に実装され、前記I/V変換部が変換した前記電圧をデジタル信号に変換して前記格納部に出力するAD変換部と
を更に備えることを特徴とする請求項11に記載の電子ビーム計測モジュール。

13. 前記基板に実装され、前記電流検出部、前記I/V変換部、前記AD変換部、及び前記格納部を動作させる電力を蓄電する蓄電部を更に備えることを特徴とする請求項12に記載の電子ビーム計測モジュール。

要約書

電子ビームによりウェハを露光する電子ビーム露光装置であって、前記電子ビームを発生する電子ビーム発生部と、前記電子ビームによって露光される前記ウェハを保持するウェハステージと、前記ウェハステージに設けられ、前記電子ビームの電流を検出する電流検出部と、前記ウェハステージに設けられ、前記電流検出部が検出した前記電流を示す情報を格納する格納部とを備えることを特徴とする。